

番組多重テレビ方式の放送教育への応用

—シミュレーションによる検討と放送大学への提言—

宮代彰一¹⁾、若松 茂²⁾、柳町昭夫³⁾
難波 誠一³⁾、ジェオフ・アージャ⁴⁾
須永勝之⁵⁾、鈴木 隆⁶⁾

Application of Multi-Program TV System for Educational Broadcasting

—Simulation Experiment and Recommendation to the University of the Air—

Shoichi Miyashiro, Shigeru Wakamatsu
Akio Yanagimachi, Seiichi Namba, Geoff Arger
Katsuyuki Sunaga, Takashi Suzuki

Abstract

For educational broadcasting purposes, it is desirable that as many programs as possible be transmitted. The research investigated whether the still picture TV system developed by NHK could provide such a service. Experiments were conducted using simulation video recordings taken from conventional programs broadcast by the University of the Air, Japan.

There are two ways of selecting the still picture frames. One way is by fixed limited time intervals. In the case of a picture showing an average level of movement, too short a time is irritating to the viewer. In the case of a picture depicting little movement, a long interval, even one of 10 seconds, is preferable. An acceptable duration for all pictures is of 2 to 4 seconds.

Another way which gives viewers the more natural feeling, is by picking out pictures at not periodic but desirable instances. The problem is that pictures from different programs may coincide on the same frame. When 48 programs are transmitted simultaneously, overlapping is likely to be 20% of any one program. It is considered that the reasonable number of simultaneous broadcasts, in this second way, be in the region of between

¹⁾ 西東京科学大学理工学部教授、(元・放送大学教授)

²⁾ 放送教育開発センター客員教授、郡山女子大学家政学部教授

³⁾ NHK 放送技術研究所

⁴⁾ ニューイングランド大学遠隔教育センター (豪)

⁵⁾ 西東京科学大学理工学部電子情報科、(現・メモレックステレックス㈱)

⁶⁾ 西東京科学大学理工学部電子情報科学科、(現・東芝 AVE ㈱)

10 and 20.

Our results indicate the potential that exists to expand the number of programs broadcast, in the future. This is a concept which may be of use in the development also of the “multimedia system”.

キーワード

静止画放送方式、番組多重テレビ方式、多重放送、マルチメディア、教育メディア、視聴覚教育、遠隔教育、教育放送、放送大学

1. 序 論

1.1 教育放送でのひとつの問題

教育放送では取り扱う分野が広いので、多様かつ多数の番組が望ましい。たとえば、放送大学では昭和60年の開講以来、図1のように講義科目数は年を追って増加充実してきた⁽¹⁾。しかし、きめられた枠内のことであるから、当然のことながら、テレビ科目でみると約150科目で頭打ちになっている（注1）。受講者（学生としての正規登録の有無を問わず）にしてみれば、もっと多種類の科目がほしいほかに、十分な再放送も望ましい。もちろん通常の授業番組以外に補助的な指導番組、特別講義そして各種の広報番組なども入れなければならない。こうなると、ざっと考えて少なくとも10倍の送出容量がほしくなるのである。

1.2 静止画放送方式

光伝送網による画期的な多チャンネル利用が簡単に実現するようになれば問題はない。しかし、与えられた一つ、あるいは数少ないチャンネル枠内で考えるならば、特別なことを考えねばならない。その有望な解決法として静止画放送方式を採り上げてみることにした。1つの番組を每秒30枚送像するのではなくて、それを間欠的送像（いわゆるストップ・モーション画像となる）を行い、それと引き換えに、多数の番組を重ねて送像……番組多重方式……するのである。受像側ではセレクトを用いて番組を選ぶ。この方式の基礎技術については、すでにNHK放送技術研究所で完了している^{(2),(3)}。またこれらに必要な半導体フレームメモリはLSIの進歩で利用が容易となっている。

1.3 利用の検討

これを現実の問題として、放送大学講義科目番組に適用できるかどうか検討をすること

（注1） 放送大学での講義スケジュール

放送大学では、各講義はふつう15章（1章45分間）からなり、毎週放送して、各学期15週で終わる。その間に全科目を放送する。専用のテレビチャンネルがあるけれども、1日18時間（6：00～24：00）で1週間、という枠のなかでは、放送できるテレビ科目数は簡単な計算のとおり、このように百数十に抑えられる。

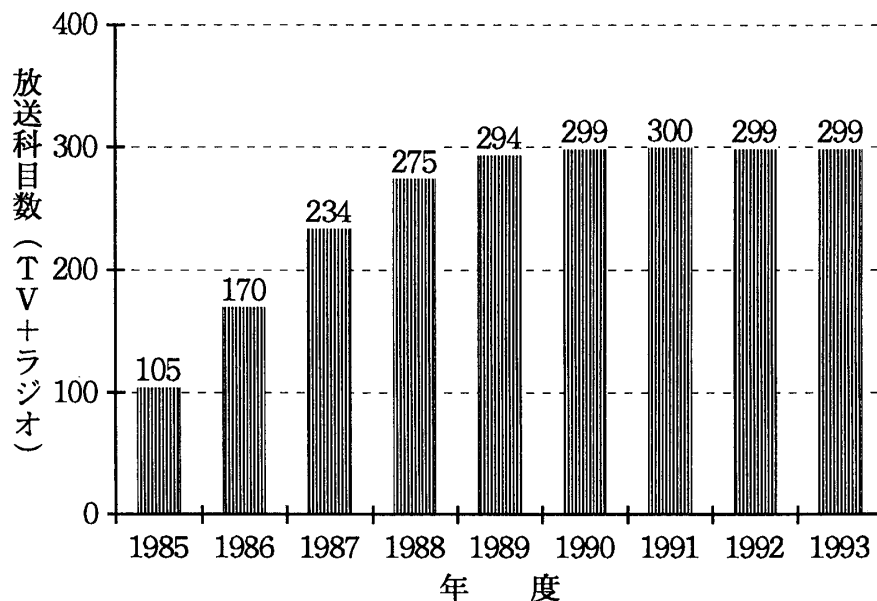


図1 放送大学の放送授業科目数の変遷
(テレビ、ラジオ科目合計/各々は約半数)

にした。動画をストップ・モーション画像にするのであるから当然犠牲が必要である。その犠牲がどの程度で済むか、また済ませられるようにできるか、具体的な問題として検討した。本研究はすでにその区切りごとに何度か速報を行ってきたが^{(4),(5),(6),(7)}、ここに改めて全体をまとめて報告したい。

なお、この問題については中国においても関心をもたれ、NHK 技術研究所はその技術面の実験を共同で行ったことがある (注2)^{(8),(9)}。

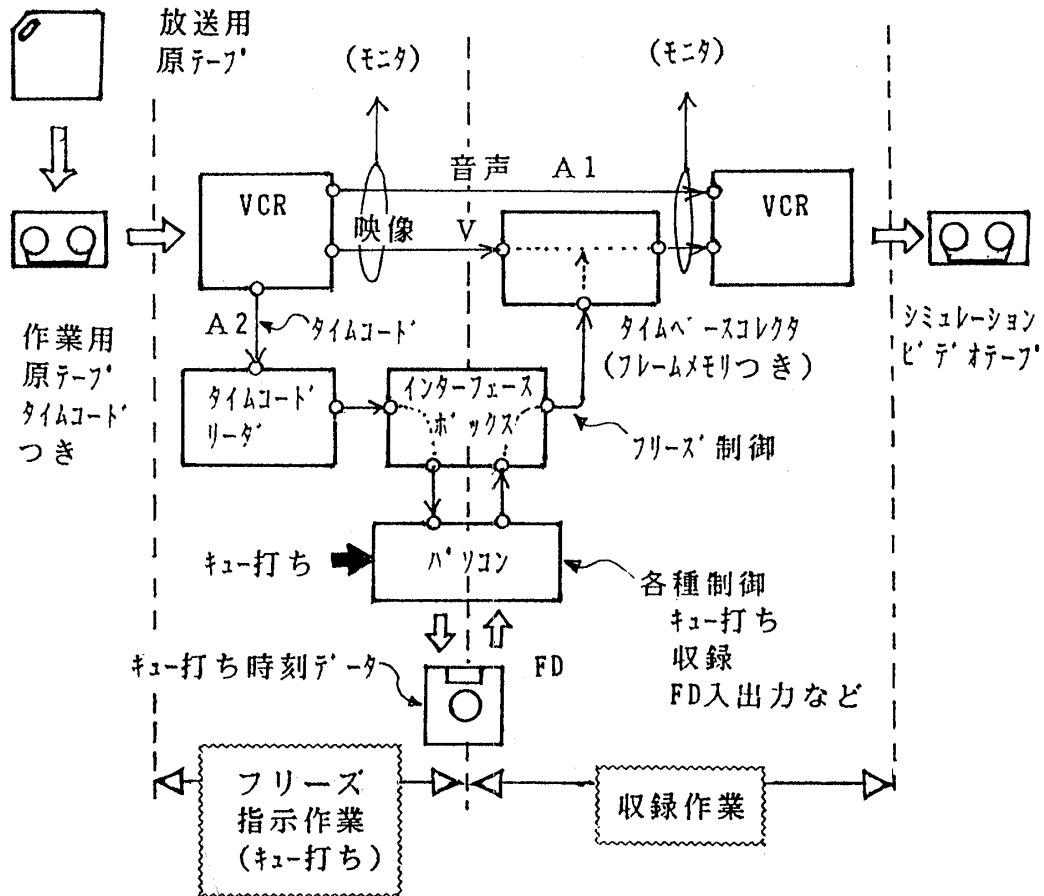
2. シミュレーションビデオの作成^{(4),(5)}

2.1 シミュレーション・ビデオ

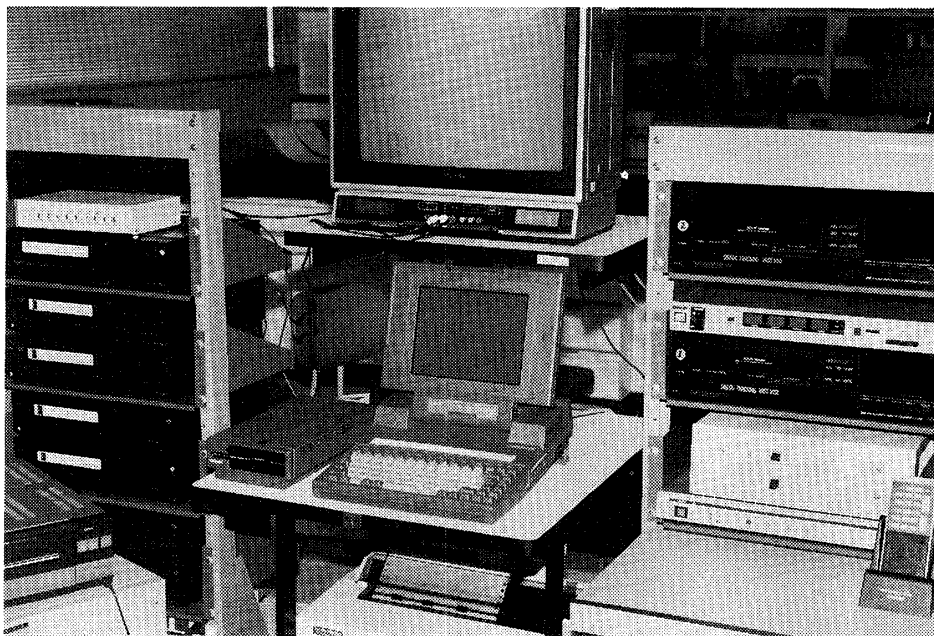
実現した場合のかたちとしては、ふつうの方式の放送に使われているテレビ番組の録画テープを原テープとし、それをそのまま静止画化する機械にかけることを目標とする。したがって、まず、既存の番組を用い、そのなかの画面を間欠的に選び出し、いわゆるストップ・モーション画像としたらどうか？ すなわち番組多重テレビを構成する各番組をシミュレートしたビデオテープを作ることにした。音声は省略しないで送出する。

(注2) 中国における多番組方式の実験放送^{(8),(9)}

中国ラジオ・映画・テレビ省 (MRFT) の放送科学研究所は、1982年から放送教育への応用を目的にこの多番組方式の検討を始めた。その後、NHK 技研の協力をえて1987年2月には北京の中央電視台で放送実験 (UHF15CH、2kW) を行った。受信は北京市内の数カ所で行われ、安定な受信を確認した。放送実験には中国のテレビ放送大学用の番組を用いた。内容は計算機言語、物理、英語、疑似動画 (アニメ) などであった。これらに選択的なキュー打ちを行って送信した。理科系の学生22名の意見によれば、いくつかの番組について、47%は通常のテレビによるものと同等かそれ以上の効果があると答え、また48%数は効果がわずかに低いと答えた。



(a) ブロック図



(b) 外観

図2 シミュレーション・ビデオ作成装置

2.2 シミュレーション・ビデオ作成装置

最初は既製のビデオ編集機を使い、ほとんど手作業で、多くの時間をさいて作成したが、その後つぎのような半自動的な作成装置を改めて用意した。図2 a、bにそれぞれブロック図と外観を示す。

まず作業用の原テープにふたつある音声チャンネルの片方にタイムコードを入れておく。その再生画像を見ながら、映像をとめる（信号にフリーズをかける）べき時刻を指示、記録する。それをするには、パソコンのしかるべきキーを押して合図(cue)をすると、テープに入っているタイムコードが拾い上げられるようになっている。(この時刻指示の合図を以下ではキュー打ちといおう)。時刻データはフロッピーディスクに記録する。このキュー打ちは、

- ① 規則的（0.3～20秒ごと）
- ② 選択的（任意の瞬間に指示）

の両方ができるようになっている。

つぎにこのデータにもとづいて、ストップモーションのかかったビデオテープを収録、作成する。すなわち、作業用の原テープをもう一度再生し、その映像信号をフレームメモリ付きのタイムベースコレクタ装置を通して、いわゆるフリーズ制御を受けさせる。その映像を、素通りさせた音声とともに収録する。こうして、フリーズ指示、収録の両作業がそれぞれ原テープ再生の実時間内で可能となった。

3. 予備的な評価実験

まず初期的な評価実験結果を簡単にのべる。これはその後の多くの経験を代表するものともいえる。対象番組は住居学に関するもので、その約3分間をとりだした。構成は、(講師の対談) → (指し棒で表の説明) → (外国の住宅の映画) であった。この最後の場面は後述の表1中の試料Jに示してある。

このもとになる原ビデオから次のようなキュー打ちビデオを準備した。

- (A) 規則的キュー打ち（0.5秒間隔）
- (B) 規則的キュー打ち（3秒間隔）
- (C) 選択的キュー打ち（ねらい打ち）

モニターを放送大学の学生16名に依頼し、まず原ビデオを提示し、ついでこの3種類のキュー打ちビデオを見てもらいアンケートをとった。原ビデオを基準にして5段階評価をしてもらった。図3に全員の評価点の平均値でその結果を示す。

サンプルも限られ評価法も厳密ではないが、大きな傾向としてみれば次のようにいえる。さすがに、

- 楽しさ
- 面白さ

についての評価は低い ((C)は悪くないが) もの、

- 理解しやすさ、

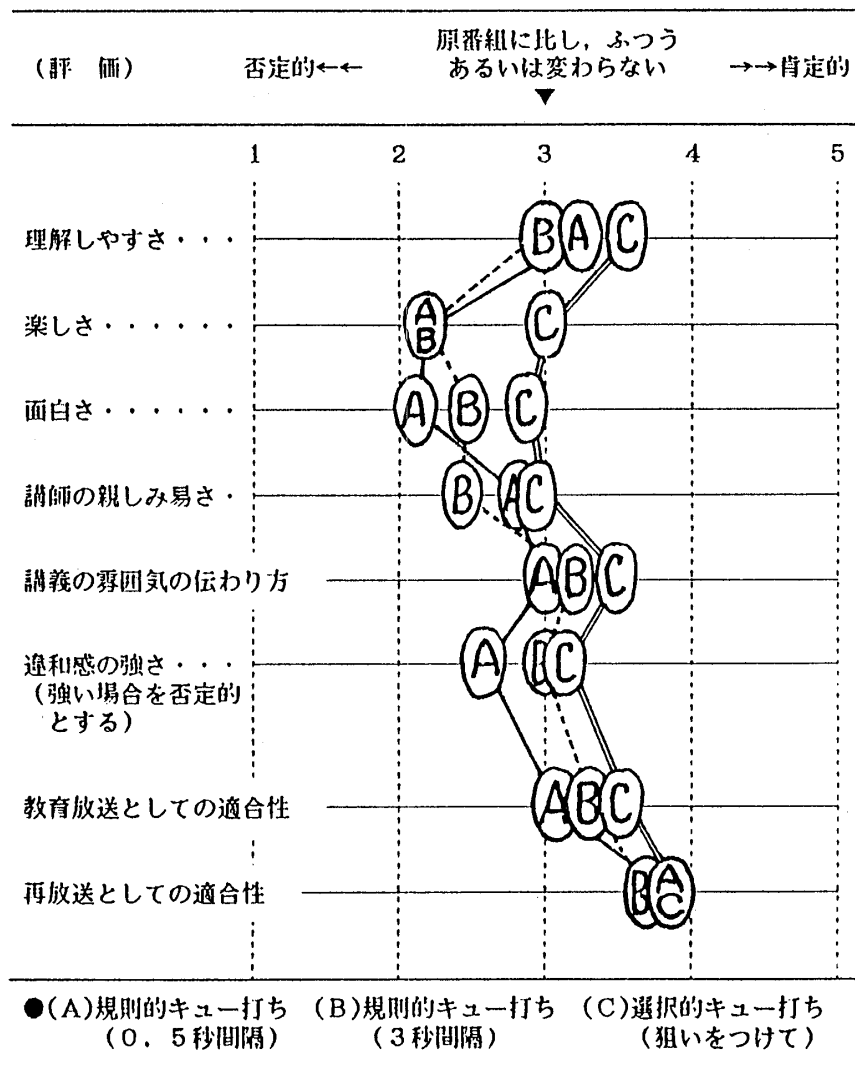


図3 予備的に行った視聴アンケート調査結果






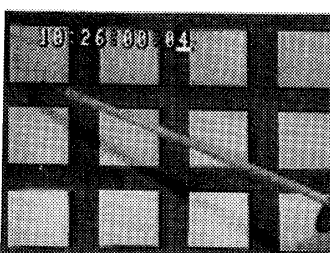
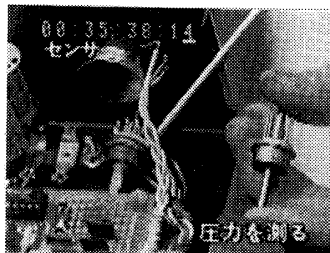


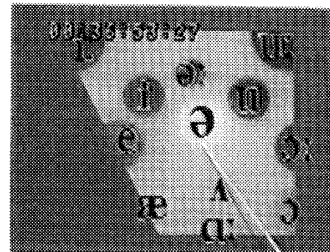
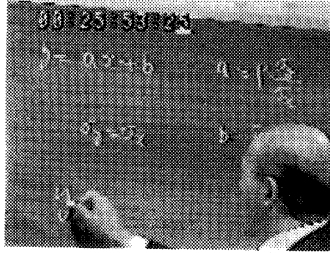
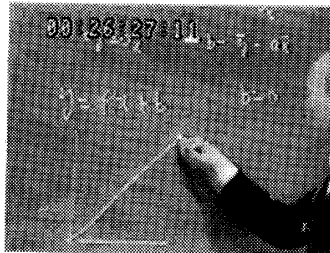
- 講義の雰囲気伝わり方、
- 教育放送としての適合性、
- 再放送としての適合性……

では(A)、(B)、(C)ともに評価が3以上となったのに注目したい。原ビデオよりよい(3以上)わけではないのに、好意的にとらえられていると解釈できる。それは放送大学の学生のニーズにあっていると考えてよい。さらに、(C)の選択的キュー打ちが、規則的キュー打ちよりも、よく受け入れられていることが明かである。

4. 規則的抜きだしの場合⁽⁶⁾

前述の規則的なキュー打ちの場合について、教育放送として典型的なものを選び、かつキュー打ちの時間間隔を系統的に変化させてシミュレーションビデオをつくり、基礎的な評価データをとった。動画から静止画を定期的に抜きだすのについて考えることは、この

表1 規則的キュー打ちに用いた試料ビデオ一覧

試料部分の代表映像		科目名と特徴						
		J / 住居 I □ : 英国の郊外都市Sheffieldの 戸外の住宅風景						
					動 体	会 話	外 景 色	
		L / 食物総論 ■ : 食物（非栄養素）について の教師二人の会話と講義						
					講 義	会 話		
		N / 衣生活概論 ○ : 漂白剤と布の白さの講義, 試料を指示棒で説明						
		指 し 棒	パ ネ ル			講 義		
		A / 自然系実験 ● : 圧力センサおよびガスセン サの演示実験. スタジオ内						
			実 験	動 体	講 義			
		F / 英語 I △ : 例文や発音記号のチャート を指して, 発音を説明						
		指 し 棒	パ ネ ル			講 義		
		C / データ解析概論 ▲ : 黒板に数式やグラフを書き ながらの講義						
		黒 板				講 義		

多番組 TV 方式のシステム設計の基礎となろう。またふつうの TV でも電波を有効に活かす参考になろう。

4.1 試料の準備

(番組の選択)：多くの講義番組のなかからいくつかを選び、さらにその番組の途中からしるべきシーンを抜きだした。試料ビデオを表 1 に示す。教育番組として典型的なスタイルの場面を探したのである。

各試料の長さは 2 分半前後とした。なぜならば、あるスタイルのシーンが次に切り替わるのはおよそこの程度の時間が多い。また、モニターに同じ画像を何度も視聴させるには、これ以上長いと辛抱が続かず、データどころではなくなると判断したからでもある。

(シミュレーションテープの作成)：もとの TV 動画から静止画の抜きだしをおこなう。抜きだし時間は、0.3s、0.5s、1s、2s、3s、5s、7s、10s ごとの 8 種類とした。

4.2 視聴評価実験

(モニター)：30 数名の放送大学の学生に試料ビデオを見せ、主観的な受け取り具合を調べた。

(評価の方法)：評価は 5 段階法 (1.否定的～3.どちらつかず～5.肯定的) とした。おもな内容は次の通り。

[0]総合的評価：なにはともあれこれなら受け入れられるかどうか、といった点についての程度 (1.全くダメ～5.充分使える)。

それにその中身を知るために、補足的につぎの判断 (やはり 5 段階法) もしてもらった。

[1]理解性：わかりにくくなってしまったか？

[2]自然さ：雰囲気やニュアンスは保たれたか？

[3]感覚的：疲れないか、感じが悪くないか？

(評価の手順)：各試料ビデオは 0.3s から順次 10s にいたるまで、約 20 分かけて連続視聴し、用紙に○印をいれる。前後も比較しながら、受けとりかたがどうなってゆくかも考えさせた。

4.3 実験の結果

(総合評価の例)：総合評価データ自体の一例を図 4 に示す。これはいくつかの試料ビデオのなかでは、ある程度の動きがあるという点で中間的な性格のスタイルのものである。この [試料 A] は科学の実験に関する講義の一部で、センサに関する簡単な演示実験の場面である。「否定的」な意見をたどれば、時間間隔が 3 秒前後をすぎると評価が低下する。

6 つの試料ビデオについて、図 4 のような生のデータを加工したのが図 5 である。これは先に図 4 で述べたよりも、見方をもう少しきつくし、評価が「どちらつかず」の範囲の中点を取り、各抜きだし時間間隔ごとにプロットしてみたものである。

(中間的な場合)：この図 5 で中間的なのがさきの [試料 A]、および [試料 N] である。後者は実験サンプルを次つぎに指し示すシーンである。事後に改めてみなおすと両者は同じ

程度の動きのある講義シーンであった。

(動きのある場合)：上のような実験などの番組よりもさらに動きがあって問題になるのは、先生が黒板に字を書きながらの講義[試料 C]、あるいは唇の動きが問題になったり、指し棒で図や表をこまかく説明するような場面[試料 F]であった。時間間隔が1～2秒程度をこえると音声と映像とのずれのために理解が不十分になり、また学生は疲れを覚える。

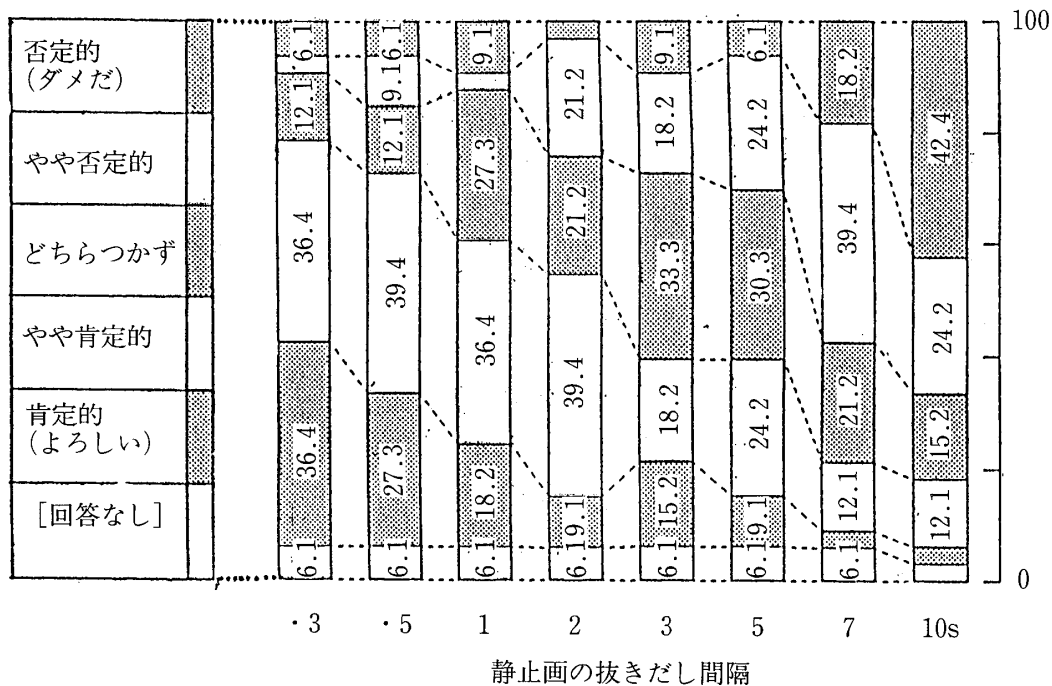


図4 規則的キュー打ちの総合評価 (受け入れられるか?) の一例: [試料 A、回答者33名]

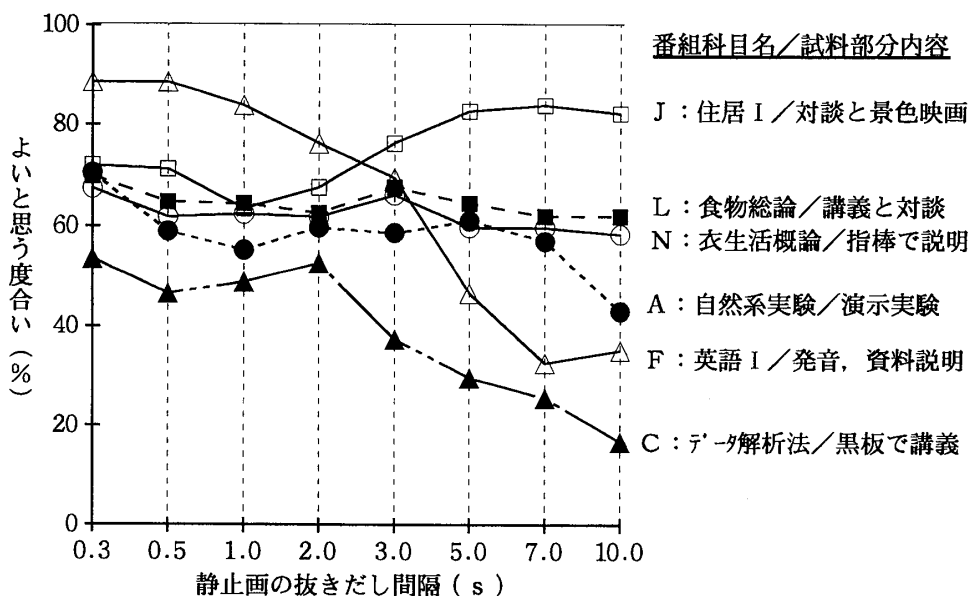


図5 規則的キュー打ちの総合評価 (受け入れられるか?): 映像の種類 (表1) で異なる。視聴者判断が「どちらつかず」(図4参照)の中点を結び、yes-noの境目とみなしたグラフ。

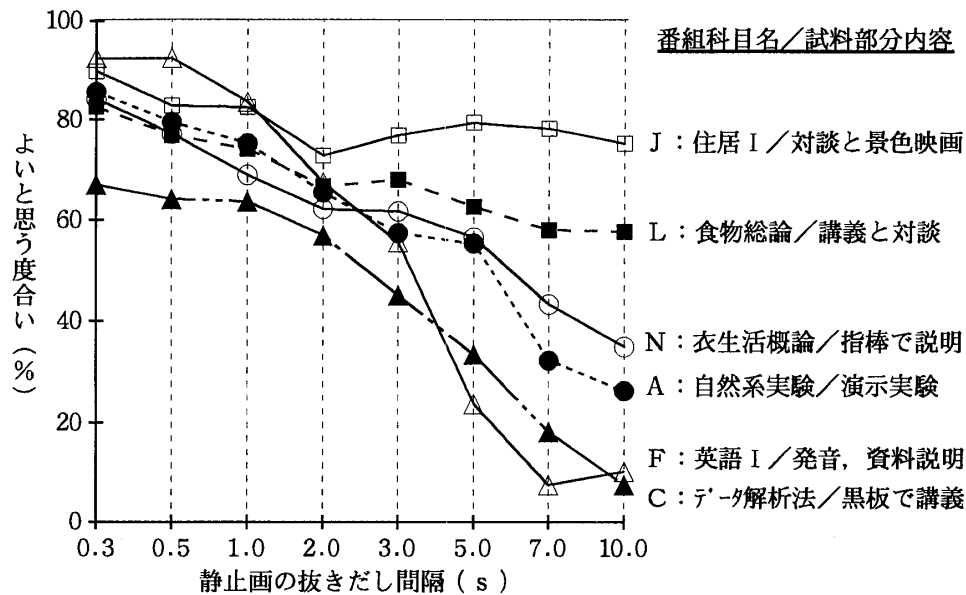


図6 規則的キュー打ちで感覚的（疲労性）評価

(ゆっくりした場合)：それらとは逆に、ゆっくりした外景の映像や、動きの少ない先生の講義（いわゆるバーストショット）などでは、間隔は非常に長くとっても理解性の点ではほとんど支障がない[試料J、L]。むしろ、視聴者からすると、写真スライドを見るようにした方が、もとの動画を見るよりもかえって落ちついてみられるし、疲れないという意見が多くあったのには注目したい。これは図6の感覚的評価の図でも明らかである。これらの場合は、音声情報への依存の割合が大きいこともある。いわゆるバーストショットの場合などは、10秒ごとくらいでもよさそうであった。もちろん、それぞれのキュー打ちの瞬間に、講師の表情がまとも（目をつぶっているとか、口を大きくあけているとか……でない）に捉えられていることが望ましい。

5. 選択（不規則）的抜きだしの場合⁽⁷⁾

画面の変化に応じて時間的には不規則に、人の判断で任意時刻の望ましい場面を抜き出す方式について述べる。このほうが視聴者からすると自然であり情報が欠けないということは前述の通りである。しかし、この場合多くの番組を多重するとフレームのぶつかりが心配になる。ぶつかればどれかが省略されざるをえない。このぶつかりの程度を調べれば、番組の妥当な多重度の見通しがえられるはずである。

5.1 フレームのぶつかり実験

1) 48番組多重させると……

シミュレーション装置で作成した平均120回のキュー打ちによる長さ11分半ほどの静止番組データ（キュー打ち時刻データ）を48番組多重した。ここでの多重とは、2つの静止画番組データ、すなわち先に述べたキュー打ち時刻のデータ同士を1つにまとめ（マージ

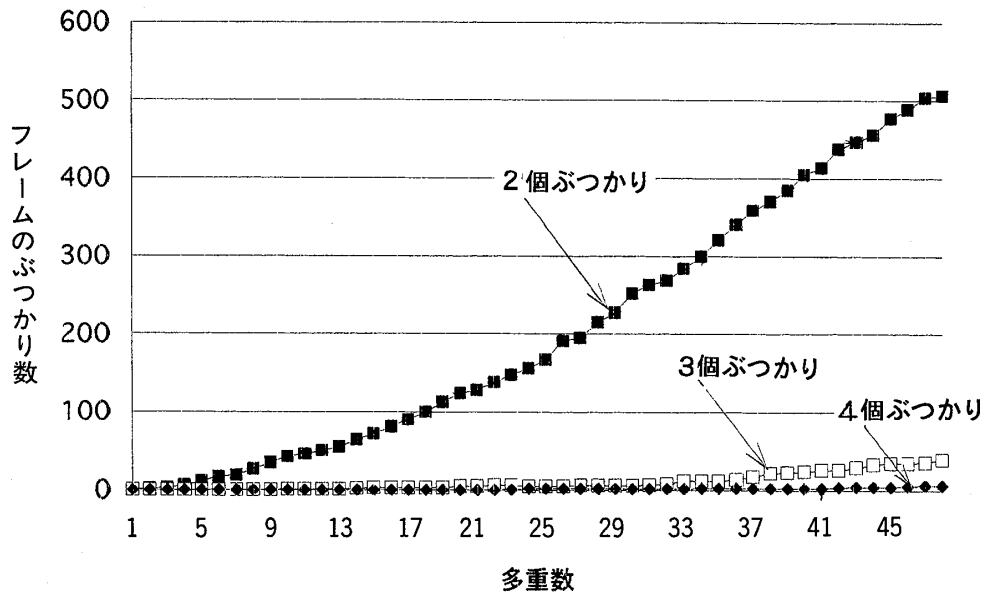


図7 任意キュー打ちでのフレームのぶつかり数 (シミュレーション実験の結果)

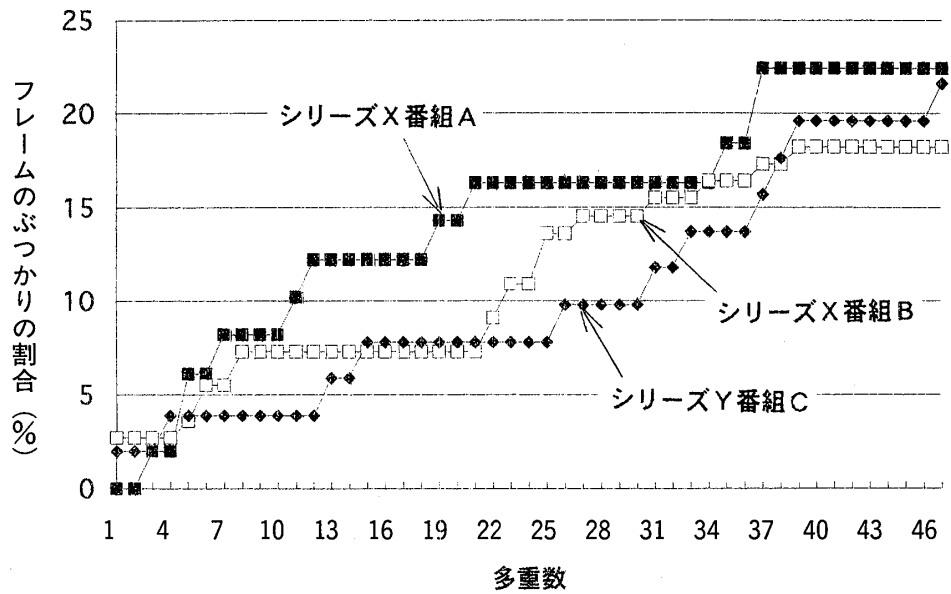
し) て、さらにその時刻データを昇順に並べかえることである。この処理を繰り返すことで多重数を増やしてゆく。この多重処理を進めてゆくと、キュー打ちした時刻が一致してしまう、すなわち、フレームがぶつかってしまうところがある。そのぶつかりの数と多重番組数の関係を調べた。

結果は図7である。多重数がふえるほどぶつかり数の増加割合は大きくなる。48番組多重したとき、フレームが2つぶつかるのは約500ヶ所、3つぶつかるのは約40ヶ所、4つぶつかるのは約10ヶ所である。同様の処理を多重する番組の順番 (シリーズ) を変えて数回行ったが、その結果は図7とあまり変わらなかった。

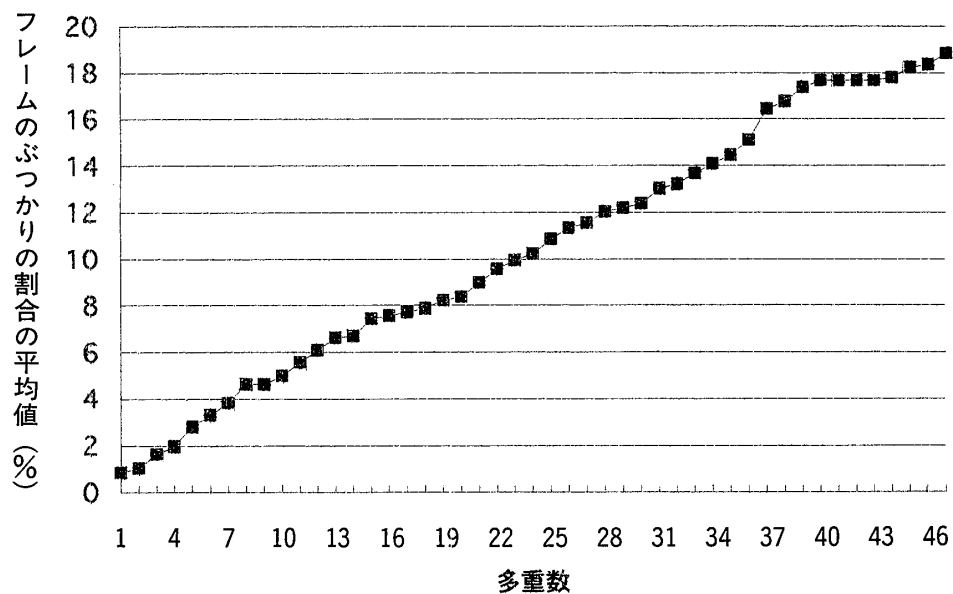
2) ある特定の番組を取りあげると……

視聴者の視点で静止番組を評価するためには、ある特定の1番組を見ているときにのみ影響するフレームのぶつかり数を調べる必要がある。特定の1番組以外のフレーム同士がぶつかっていても、その1特定番組を見ている視聴者には関係ないからである。この数は、前述のシミュレーション実験の各シリーズの多重データから、計算により求めることができる。数種類の番組についてその数をしらべた。そしてそのぶつかったフレーム数を、抜きだしたフレーム数に対する割合で表した。結果を図8a(3種類の番組A、B、CがシリーズXまたはYとマージされた場合)と図8b(6番組に対して図8aのようにえられたデータの平均値)に示す。

図8aをみると、48番組多重したとき、抜き出したフレームの20%前後が他の番組のフレームと重なってしまうことがわかる。変化のしかたは、その番組によって、また、シリーズによってさまざまである。しかし、それらを平均すると、図8bに示したように、ほぼ直線になるのである。



a 他の番組シリーズの組み合わせで異なる



b 複数（6種類）の結果の平均値

図8 ある番組についてフレームのぶつかりの割合（実験結果）

5.2 数学的検討

フレームのぶつかりを数学的に検討した。ある回数 q 回のキュー打ちで作られた、ある長さ s 秒（総フレーム数は $f=30 \times s$ ）の静止画番組を多重したときに生ずるフレームのぶつかりを確率計算で調べた。ここで、 n 番組にさらに 1 番組を多重したとき m 個ぶつかった数を $a(m, n)$ とする。0 番組に 1 番組を多重したときに 0 個ぶつかった数（ぶつからな

い数) は、すなわちキュー打ちの回数であるから、 $a(0, 0) = q$ である。

1 番組にさらに 1 番組多重したとき ($n = 1$) を考える。新たに多重される番組のキューがすでに在る番組のキューに影響を受けないとき ($m = 0$) と、ぶつかってしまうとき ($m = 1$) との比を考えると、

$$a(0, 1) : a(1, 1) = \{f - a(0, 0)\} : a(0, 0)$$

となる。キュー打ちの回数は $a(0, 0)$ だから、

$$a(0, 1) + a(1, 1) = a(0, 0)$$

となる。この二式より、

$$a(0, 1) = \{f - a(0, 0)\} \times a(0, 0) / f$$

$$a(1, 1) = a(0, 0) \times a(0, 0) / f$$

となる。このような考えを押し進めてゆくと (詳細は注 3 参照)、 $a(m, n)$ の一般式は、 $m = 0$ のとき (ぶつからないとき)

$$a(0, n) = \left\{ f - \sum_{k=0}^{n-1} a(0, k) \right\} \times a(0, 0) / f$$

$m \geq 1$ のとき (m 個ぶつかるとき)

$$m \neq n$$

$$a(m, n) = \left\{ \sum_{k=m-1}^{n-1} a(m-1, k) - \sum_{k=m}^{n-1} a(m, k) \right\} \times a(0, 0) / f$$

$$m = n$$

$$a(m, n) = a(m-1, n-1) \times a(0, 0) / f$$

となる。

以上の結果より、 $n + 1$ 番組多重したとき m 個ぶつかりの数 $x(m, n)$ は、

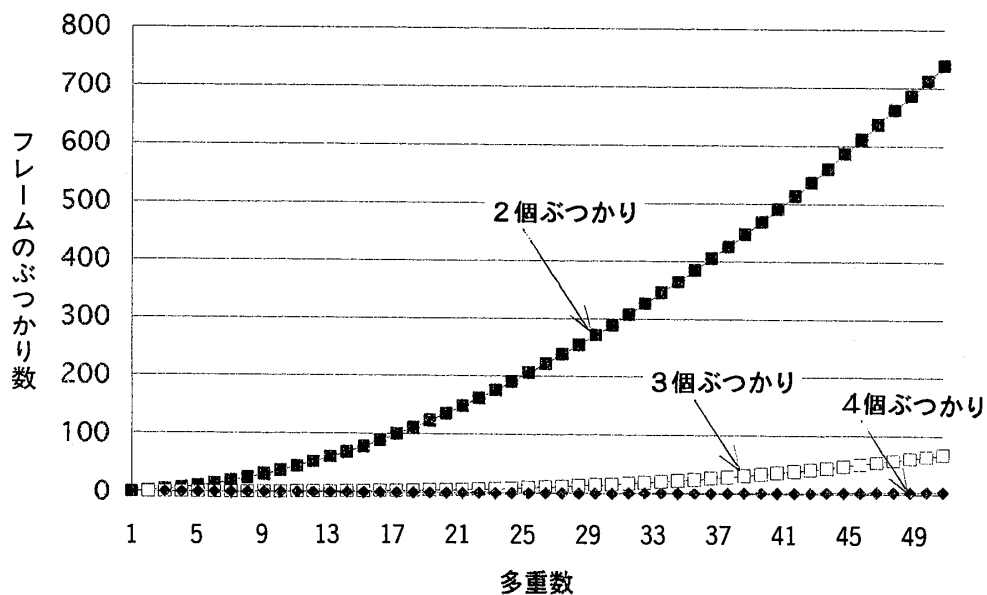


図9 フレームのぶつかり数の計算値：図7に対応

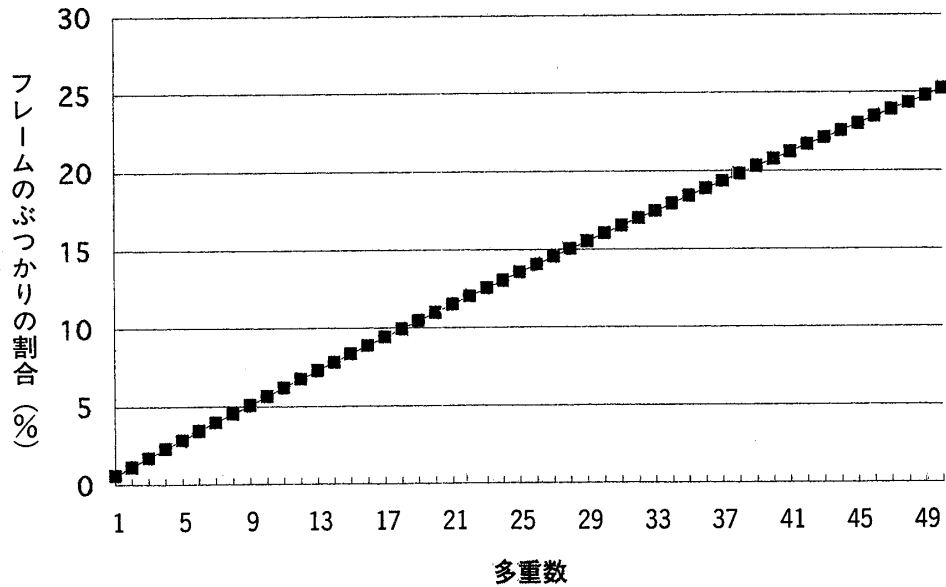


図10 ある番組についてフレームのぶつかりの割合（計算値）：図8bに対応。

$$x(m, n) = \sum_{k=m}^n a(m, k)$$

となる。また、 n 番組にさらに1番組多重したときぶつかってしまう割合 $y(n)$ (%) は、

$$y(n) = \{(a(0, 0) - a(0, n)) / a(0, 0)\} \times 100$$

となる。 $(f=20700, a(0, 0)=120)$ として、これらの式から求めた計算値は図9および図10である。これらのグラフは実験値に近い曲線を描いている。これは前述のシミュレーション実験およびこの確率計算が妥当であったことを示す。

5.3 主観評価

1) アンケートの実施

前節において、実験的にも確率計算からもどの程度フレームがぶつかるかがわかった。ぶつかった場合、そのフレームが最悪の場合消滅されたとして、どんな見えかたになるかを調べる必要がある。そこで、モニターを使い、アンケートによってフレーム数を欠落させた3分間の静止画番組を主観評価してもらった。使用した番組は次の5つである。

- ① 住居：ビデオによる住宅の説明（0→20）……（表1のJに似た場面）
- ② 自然系実験A：センサの実験（20→0）……（表1のAに似た場面）
- ③ 自然系実験B：パネルによる説明（20→0）
- ④ 食物総論：食品を順次提示（0→20）
- ⑤ データ解析法：黒板で式の解析（20→20）……（表1のCに似た場面）

もとの静止画番組（0%番組）とフレーム数を20%欠落させた番組（20%番組）を用意した。みせる順序とフレームの欠落の割合をあらかじめ告知せずにバラバラの順序でみせ、どちらの番組がよいと思うかを評価してもらった。順序を告知しなかったのはフレーム数の多い番組の方が“みやすい”と予見して、偏った評価をされてしまうと考えたからであ

表2 任意キュー打ちでのぶつかりフレームが除去された場合の評価

番組		人数	メモ
住居	前 (0%)	0	
	同	13	両方OK (6)、両方駄目 (2)
	後 (20%)	0	
自然系実験A	前 (20%)	0	画面と一致していない (3) *
	同	6	両方OK (2)
	後 (0%)	7	後ならOK (4)
自然系実験B	前 (20%)	1	なんとなく (1)
	同	9	両方OK (5)
	後 (0%)	3	後ならOK (1)
食物総論	前 (0%)	8	前ならOK (3)
	同	5	両方OK (2)
	後 (20%)	0	画面と一致していない (6) *
データ解析法	前 (20%)	0	
	同	13	両方OK (3)、両方駄目 (4)
	後 (20%)	0	

(*は否定的な意見)

る。また、番組を見る順序によって評価に違いがあるか確かめるために、番組⑤は全く同じものを見せた。

なお、このアンケートを行う前に同じ目的で、予備的アンケートとして10%番組(フレーム数を10%欠落)と20%番組を評価してもらった。その結果、かえって不明確で有意差のない結論となった。その経験を考慮して上記のように単純な方法をとったのである。

2) アンケートの結果

表2に集計結果を示す。番組⑤から、見る順番によって評価に影響のでないことがわかる。そのうえで番組①、③は0%番組と20%番組で評価に差がなかったが、番組②、④はあきらかに0%番組のほうが良いという結果をえた。これは音声と画面が一致していない部分があった(欠落してはいけない重要なフレームが欠落した)ためである。すなわち、重要なフレームの欠落が静止画番組の評価を下げていることを意味する(重要度の低いフレームが欠落しても評価はあまり変わらない)。重要なフレームの欠落回数は番組のスタイル、視聴者の興味などによって異なるが、今回のアンケートの最も否定的な番組でさえ、3分間に1～2回程度である。

6. まとめ：考察と提言

6.1 キュー打ちの調子について

1) 規則的なキュー打ちの場合

- 短い間隔、たとえば0.5秒、では画面がガタつくので、見ていてイライラする。
- 画面変化とのタイミングがあるから、3～5秒以内でないと、①必要な画面を飛び越してしまったり、②音声が行先し、古い画面が残る……といったおそれが出てくる。

- 画面の動きが激しい瞬間にも構わずに止めることになるからばけた絵がめだつ。
- 画面更新が規則的なので安心して見ていられるのはよい。
- 動きをさけられないから、フレーム録画では画像がダブリ、フィールド録画に頼りがち。

2) 選択的なキュー打ちの場合

- 望ましい代表的な画像を選びうる。
- 図や表がキチッと止められるのは好ましい。画像の動きの少ない瞬間が狙える。たとえば、指示棒がちょうどよい場所をさした瞬間にうまく止めるならば動画よりもかえってよい。
- 動きの少ない場合やバストショットは相当長く画面更新をしない方がよさそうである。
- 画面更新の瞬間を予知しにくいので、見ていて落ちつかない面がある。

6.2 番組多重の形態について

1) キュー打ちのあり方

システムの簡略化のためには3秒ほどの規則的キュー打ちが妥当な結論かも知れない。単純に考えて30番組程度は可能であろう。

任意の時刻でキュー打ちした番組を多重する場合、たまに（3分に1回程度）起こる不自然な画像欠落を我慢すれば48番組多重できそうである。もっとも、これは、画像のぶつかりの点だけからの話であり、実際の制限には音声伝送などに要する容量も考える必要がある。10～20番組程度多重しただけでも学生の要望にかなり応えられるはずであり、その程度の多重度が妥当ではなかろうか。

2) やや複雑なアイディア

●連続キュー打ち

任意キュー打ちの場合、ぶつかりが生じたときに、その静止画番組のフレームを欠落させると重要なフレームが抜けて大事な情報が失われることについて述べた。これを防ぐために、1回のキュー打ちで連続した複数のフレームを一度に抜きだす方法を検討した。この方法で作られた番組は、多重化により連続した複数のフレームがすべて欠落してしまう確率が小さいので、音声と画面が著しく一致しないということとはなくなる。さらに、本研究で検討した、0.3秒間隔の3フレームを拾い出した番組は、動きがわかりニュアンスが伝わるといった評価を得た。この方法は規則的キュー打ちにおいても有効であると考ええる。

●フレームずらし

静止画番組を多重してフレームのぶつかりが生じた場合にはそのフレームを欠落させることを想定してきたが、欠落させるのではなくずらすことによってフレームのぶつかりを回避することができる。数フレーム程度ずらすのであれば重要な場面が抜けてしまうということも減少してくる。

6.3 アルチメディアとの関係：

改めて考えると静止画像情報の極端なのは印刷物である。教育情報としては印刷物からテレビの動画までその中間には実に多くのメディアがあり、また今後、開発されるだろう。

目的に応じて効果的なメディアが選ばれ、利用されるべきである。

この研究を続けてとくに感じたのは音声の重要さである。音声があれば画像の方が多少省略されても情報の相当部分は伝えられる。それだけに、有効な映像を工夫し、むだな映像の送出は慎むべきであると感じた。これをさらに進めると、ラジオ番組ではほんのわずかな枚数でもよいから画像を付加するという方式を新しく考えることも有効であろうということになる。

光伝送路が実用になり始め、利用できる帯域幅が広がってきても、なおかつそれを有効に活用する手段として番組多重の考え方は意味を持つであろう。また、まだ正体がわかりにくいいわゆる『マルチメディア』の展開が喧伝されているが、これにも画像の取り扱いに関する本研究がその役に立つことを願いたい。

6.4 提言

最後に当面の問題として、放送大学の放送番組にこの多重方式を一部でも採用することを提言したい。放送形態としては、上に述べた種々の方法の中から経済的、実用的な方法を改めて検討すればよい。いずれにしても、現存の1チャンネルのテレビの枠内で考えると、通常番組（6：00～24：00）の前後に例えば45分ずつ多重放送を実施すれば、30番組くらいは楽に送出できる。そうすれば通常番組の1日分の再放送などはできてしまう。また前述のラジオ番組に何枚かの画像を付加することも有用であろう。

その実施に当たっては、もちろん、放送機器の開発、整備、運営、また学生側に必要な番組セレクトの開発製造、頒布または貸し出しの問題など、技術的、資金的、人事的にクリアしなければならない問題の多くあることは十分に予想される。

謝 辞

ご指導いただいた故香月秀雄元放送大学学長および小林靖雄西東京科学大学学長（元放送大学副学長）、ならびに種々の面でご援助をいただいた放送大学、放送教育開発センター、NHK 技術研究所および西東京科学大学の教員、職員の諸氏に深謝する。とりわけ、試料の原ビデオとして講義番組の使用を許諾された放送大学教員諸賢、また実験に直接協力された石橋幸治氏、放送大学卒業生柳沢喜久夫、佐藤隆昌の両氏に感謝する。さらに、シミュレーションビデオ作成装置の開発に尽力いただいた山口晋氏ほか（株）東芝の関係各位に謝意を表す。最後に、主観評価について協力願った放送大学、および西東京科学大学の多くの学生諸兄姉に感謝したい。

〈参考資料〉

- (1) 放送大学学園：“放送大学十年誌”、pp.34、(1994)
- (2) 柳町、吉野：“静止画放送伝送信号方式の設計”、NHK 技術研究、Vol. 30、No. 1、(通巻155)、pp.1-26、(1973)
- (3) H. Yamane et al: “Still Picture Broadcasting System”, NHK Technical Monograph,

- No. 29, pp.1-38, (1980)
- (4) 宮代、若松、柳町：“番組多重テレビ方式の放送教育への利用の検討”、テレビジョン学会全国大会予稿集 (17-4)、pp.363~364、(1988)
- (5) 宮代、若松、柳町：“放送教育への番組多重テレビ方式の応用”、電子情報通信学会報告集 (ET88-9)、pp.43~47、(1989)
- (6) 宮代、若松、アージャー、難波：“静止画像の伝送形態と教育情報”、教育工学関連学協会連合第3回全国大会予稿集 (人 E4-5)、pp.413~414、(1991)
- (7) 須永、鈴木、宮代、若松、難波：“静止画 TV 方式における多重度の検討”、日本教育工学会研究報告集 (JET94-2)、pp.105~108、(1994)
- (8) S. Kang, A. Yanagimachi, S. Namba, A. Ohya, J. Liu, Y. Fang, J. Yang and K. Wang : “On-Air Experiment of Multiprogramme TV Broadcasting”, Proceedings of International Symposium on Broadcasting Technology, (1987), Beijing, No. 13.3
- (9) “News-release: On-Air Experiment of Multiprogramme TV Broadcasting”, by China MRFT Broadcasting Science Research Inst. & Japan NHK Science and Technical Labs., Beijing, Sept. 22, (1987); (MRFT=Ministry of Radio Film & TV)

(注3) 任意キュー打ちでのフレームのぶつかりの数学的取り扱い

はじめに総フレーム数を f 、キュー打ち回数を $a(0, 0)$ 、 n 番組にさらに 1 番組を多重したとき、 m 個ぶつかった数を $a(m, n)$ と定義する。

1 番組にさらに 1 番組を多重 ($n=1$) のときは、本文でも説明したが、付図 1 を参照すれば次のようになる。

$$a(0, 1) : a(1, 1) = \{f - a(0, 0)\} : a(0, 0)$$

キュー打ちの回数は $a(0, 0)$ だから、

$$a(0, 1) + a(1, 1) = a(0, 0)$$

この二つの式より計算して、

$$a(0, 1) = \{f - a(0, 0)\} \times a(0, 0) / f$$

$$a(1, 1) = a(0, 0) \times a(0, 0) / f$$

がえられる。

2 番組にさらに 1 番組を多重 ($n=2$) のときも同様に考える。新たに多重される番組のキューがすでに在る番組のキューに影響を受けない ($m=0$) とし、1 つとぶつかってしまう ($m=1$) とし、2 つぶつかってしまう ($m=2$) としきの比を考えると、付図 2 を参照すれば次のようになる。

$$a(0, 2) : a(1, 2) : a(2, 2)$$

$$= \{f - a(0, 0) - a(0, 1)\} : \{a(0, 0) + a(0, 1) - a(1, 1)\} : a(1, 1)$$

キュー打ちの回数は $a(0, 0)$ だから、

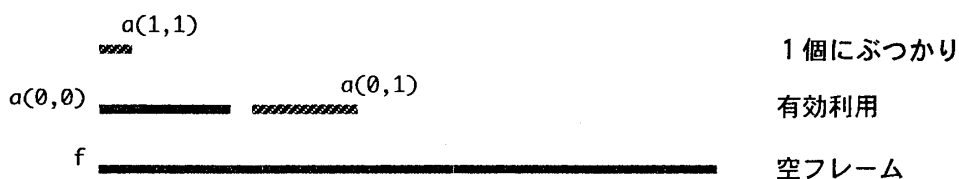
$$a(0, 2) + a(1, 2) + a(2, 2) = a(0, 0)$$

となる。この二つの式より、

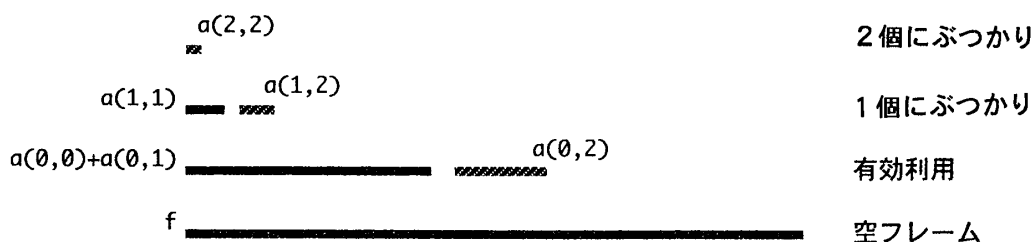
$$a(0, 2) = \{f - a(0, 0) - a(0, 1)\} \times a(0, 0) / f$$

$$a(1, 2) = \{a(0, 0) + a(0, 1) - a(1, 1)\} \times a(0, 0) / f$$

$$a(2, 2) = a(1, 1) \times a(0, 0) / f$$



付図1 ぶつかり回数の確率計算説明図 ($n=1$)



付図2 ぶつかり回数の確率計算説明図 (n=2)

がえられる。

3番組にさらに1番組を多重 (n=3) のときも同様に、比を考えると、

$$\begin{aligned}
 a(0, 3) : a(1, 3) : a(2, 3) : a(3, 3) \\
 : \{a(0, 0) + a(0, 1) - a(1, 1) - a(1, 2)\} \\
 : a(1, 1) + a(1, 2) - a(2, 2) \\
 : a(2, 2)
 \end{aligned}$$

また、キュー打ちの回数より、

$$a(0, 3) + a(1, 3) + a(2, 3) + a(3, 3) = a(0, 0)$$

となる。この二つの式より、

$$\begin{aligned}
 a(0, 3) &= \{f - a(0, 0) - a(0, 1) - a(0, 2)\} \times a(0, 0) / f \\
 &= \{f - \sum_{k=0}^2 a(0, k)\} \times a(0, 0) / f
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a(1, 3) &= \{a(0, 0) + a(0, 1) + a(0, 2) - a(1, 1) - a(1, 2)\} \times a(0, 0) / f \\
 &= \{\sum_{k=0}^2 a(0, k) - \sum_{k=1}^2 a(1, k)\} \times a(0, 0) / f
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a(2, 3) &= \{a(1, 1) + a(1, 2) - a(2, 2)\} \times a(0, 0) / f \\
 &= \{\sum_{k=1}^2 a(1, k) - \sum_{k=2}^2 a(2, k)\} \times a(0, 0) / f
 \end{aligned}$$

$$a(3, 3) = a(2, 2) \times a(0, 0) / f$$

がえられる。

さらにこのような考えを押し進めていくと、n番組にさらに1番組を多重 (合計で (n+1) 番組になる) したとき、m個ぶつかった数 $a(m, n)$ は、次のようになる。すなわち、 $m=0$ の場合 (ぶつからないとき)

$$a(0, n) = \{f - \sum_{k=1}^{n-1} a(0, k)\} \times a(0, 0) / f$$

$m \geq 1$ の場合 (m個ぶつかるとき)

$$m \neq n$$

$$a(m, n) = \{\sum_{k=m-1}^{n-1} a(m-1, k) - \sum_{k=m}^{n-1} a(m, k)\} \times a(0, 0) / f$$

$m=n$ (すべてぶつかるとき)

$$a(m, n) = a(m-1, n-1) \times a(0, 0) / f$$

となる。